

**TUGAS AKHIR**

**Analisis Pengaruh *Artificial Aging* dengan  
Variasi Media *Quenching* (Air Sumur, Oli SAE  
140, Air Es <10°C) terhadap Nilai Impak pada  
Velg OEM (Al-Si)**



**Disusun oleh:**

**FAKHRUL ARIFIN**

**NIM : D200 160 043**

**JURUSAN TEKNIK MESIN FAKULTAS TEKNIK  
UNIVERSITAS MUHAMMADIYAH SURAKARTA**

**2020**

## PERNYATAAN KEASLIAN SKRIPSI

Saya menyatakan dengan sesungguhnya bahwa skripsi dengan judul:

**Analisis Pengaruh *Artificial Aging* dengan Variasi Media *Quenching*  
(Air Sumur, Oli SAE 140, Air Es  $<10^{\circ}\text{C}$ ) terhadap Nilai Impak pada  
Velg OEM (Al-Si)**

yang dibuat untuk memenuhi sebagian syarat memperoleh derajat sarjana S1 pada Jurusan Teknik Mesin Fakultas Teknik Universitas Muhammadiyah Surakarta, sejauh yang saya ketahui bukan merupakan tiruan atau duplikasi dari skripsi yang sudah dipublikasikan dan/atau pernah dipakai untuk mendapatkan gelar kesarjanaan di lingkungan Universitas Muhammadiyah Surakarta atau instansi manapun, kecuali bagian yang sumber informasinya saya cantumkan sebagaimana mestinya.

Surakarta, 17 Desember 2020

Yang menyatakan,



**Fakhru Arifin**

**D200 160 043**

## HALAMAN PERSETUJUAN

Tugas Akhir berjudul "**Analisis Pengaruh *Artificial Aging* dengan Variasi Media *Quenching* (Air Sumur, Oli SAE 140, Air Es <10°C) terhadap Nilai Impak pada Velg OEM (Al-Si)**", telah disetujui oleh Pembimbing Tugas Akhir untuk dipertahankan di depan dewan penguji sebagai syarat untuk memperoleh gelar sarjana strata satu pada Jurusan Teknik Mesin Fakultas Teknik Universitas Muhammadiyah Surakarta.

Dipersiapkan oleh:

Nama : **FAKHRUL ARIFIN**

NIM : **D200 160 043**

Disetujui pada:

Hari : *Kamis*

Tanggal : *3 Desember 2020*

Pembimbing  
Tugas Akhir



**Ir. Masyrukan, M.T.**

## HALAMAN PENGESAHAN

Tugas Akhir berjudul "**Analisis Pengaruh *Artificial Aging* dengan Variasi Media *Quenching* (Air Sumur, Oli SAE 140, Air Es <10°C) terhadap Nilai Impak pada Velg OEM (Al-Si)**", telah dipertahankan di hadapan Tim Penguji dan telah dinyatakan sah untuk memenuhi sebagian syarat memperoleh gelar sarjana strata satu pada Jurusan Teknik Mesin Fakultas Teknik Universitas Muhammadiyah Surakarta.

Dipersiapkan oleh:

Nama : **FAKHRUL ARIFIN**

NIM : **D200 160 043**

Disetujui pada:

Hari : *Kamis*

Tanggal : *3 Desember 2020*

Tim Penguji:

Ketua : **Ir. Masyrukan M.T.**

Anggota 1 : **Amin Sulistyanto, S.T., M.T.**

Anggota 2 : **Dr. Ir. Ngafwan, M.T.**

Dekan

Fakultas Teknik **04012021**



**Ir. Sri Sunarjono, M.T., Ph.D**

Ketua Jurusan  
Teknik Mesin

**Ir. Subroto, M.T.**



**UNIVERSITAS MUHAMMADIYAH SURAKARTA**

**FAKULTAS TEKNIK**

**PROGRAM STUDI TEKNIK MESIN**

Jl. A.Yani, Pabelan, Kartasura, Tromol Pos I Telp. (0271) 717417 ext. 222

### **LEMBAR SOAL TUGAS AKHIR**

Berdasarkan Surat Keputusan Dekan Fakultas Teknik Universitas Muhammadiyah Surakarta Nomor 029/II/2020 Tanggal 20 Februari 2020 tentang Pembimbing Tugas Akhir dengan ini :

Nama : Ir. Masyrukan, M.T.

Pangkat/Jabatan : Lektor

Kedudukan : Pembimbing

Memberikan Soal Tugas Akhir kepada mahasiswa :

Nama : Fakhrol Arifin

Nomor Induk : D200 160 043

Jurusan/Semester : Teknik Mesin / Akhir

Judul/Topik : Analisis Pengaruh *Artificial Aging* dengan Variasi Media *Quenching* (Air Sumur, Oli SAE 140, Air Es  $<10^{\circ}\text{C}$ ) terhadap Nilai Impak pada Velg OEM (Al-Si).

Rincian Soal/Tugas : Meneliti Pengaruh Proses *Heat Treatment Artificial Aging* Menggunakan Variasi Media *Quenching* (Air Sumur, Oli SAE 140, Air Es  $<10^{\circ}\text{C}$ ) terhadap Sifat Mekanis dan Struktur Mikro Velg OEM (Al-Si).

Demikian Soal Tugas Akhir ini dibuat untuk dapat dilaksanakan sebagaimana mestinya.

Surakarta, 28 Februari 2020

Pembimbing

Ir. Masyrukan, M.T.

## **MOTTO DAN PESAN**

“Allah tidak akan mengubah nasib suatu kaum sampai kaum itu sendiri yang mengubah nasib atau keadaan yang ada pada dirinya”

**(QS. Ar-ra’d : 11)**

“Allah tidak membebani seseorang itu melainkan sesuai dengan kesanggupannya”

**(QS. Al-Baqarah : 286)**

“man jadda wajadda, Barangsiapa yang bersungguh-sungguh pasti akan berhasil”

“Bermimpilah dan gantungkan cita-citamu setinggi langit. Jika engkau jatuh, engkau akan terjatuh di antara bintang-bintang”

**(Ir. Soekarno)**

“Orang hebat tidak dihasilkan dari kemudahan, kesenangan, dan kenyamanan. Mereka dibentuk melalui kesulitan, tantangan, dan air mata”

**(Fakhrul Arifin)**

## **HALAMAN PERSEMBAHAN**

Penulis persembahkan Tugas Akhir ini kepada:

- Allah SWT yang telah melimpahkan rahmat dan hidayah-Nya sehingga penulis dapat menyelesaikan tugas akhir ini.
- Ayah (Purwadi) dan Ibu (Surati) sebagai orang tua serta sebagai pahlawan yang telah memberikan motivasi dan contoh yang baik dalam membentuk karakter saya, meskipun semua itu dilakukan dengan penuh perjuangan dan air mata yang semata-mata ingin menjadikan anaknya berakhlak dan dapat bermanfaat bagi orang lain.
- Seluruh Dosen Teknik Mesin Universitas Muhammadiyah Surakarta.

**Analisis Pengaruh Artificial Aging dengan Variasi Media Quenching  
(Air Sumur, Oli SAE 140, Air Es <10°C) terhadap Nilai Impak pada  
Velg OEM (Al-Si)**

Fakhrul Arifin, Masyrukan

Teknik Mesin Universitas Muhammadiyah Surakarta

Jl. A. Yani Tromol POS 1 Pabelan Surakarta

Email: [arifinfakhrul54@gmail.com](mailto:arifinfakhrul54@gmail.com)

**ABSTRAK**

*Heat treatment* pada paduan aluminium bertujuan untuk meningkatkan sifat mekanis yang dimiliki. Salah satu *heat treatment* yang bisa dilakukan adalah *artificial aging*. Penelitian ini dilakukan untuk mengetahui pengaruh *artificial aging* terhadap hasil uji impak pada paduan aluminium (Al-Si) hasil *re-melting* velg OEM kendaraan roda empat. Penelitian ini menggunakan bahan aluminium dari velg OEM kendaraan roda empat yang di cor ulang dengan metode *sand casting*. Proses *artificial aging* dilakukan dengan langkah awal *solution heat treatment* yaitu spesimen uji dipanaskan sampai temperatur 500°C dan ditahan selama 5 menit. Setelah itu dilakukan proses *quenching* dengan variasi media *quenching* air sumur, oli SAE 140, dan air es <10°C. Kemudian spesimen uji dipanaskan kembali sampai temperatur 180°C dan ditahan selama 4 jam. Setelah waktu penahan terpenuhi kemudian spesimen uji didinginkan secara perlahan dengan tetap berada di dalam oven. Pada pengujian komposisi kimia diketahui bahwa unsur utama velg OEM adalah Al (93,59%) dan Si (6,09%). Pada pengujian impak dengan metode *charpy*, harga impak *raw material* velg setelah dilakukan proses *re-melting* mengalami penurunan, dari harga impak 0,215 J/mm<sup>2</sup> menjadi 0,051 J/mm<sup>2</sup>. Setelah proses *artificial aging* peningkatan harga impak tertinggi terjadi pada material dengan media *quenching* oli SAE 140. Peningkatan yang terjadi sebesar 98,24% dari harga impak 0,051 J/mm<sup>2</sup> menjadi 0,1011 J/mm<sup>2</sup>. Harga impak setelah proses *artificial aging* belum bisa melebihi harga impak dari *raw material* velg. Hal tersebut dikarenakan *heat treatment* yang dilakukan dalam penelitian ini belum bisa menyamai *heat treatment* yang sudah dilakukan oleh pabrikan velg.

**Kata kunci:** Heat Treatment, Artificial Aging, Aluminium, Aluminium Paduan, Impak.



**Analisis Pengaruh Artificial Aging dengan Variasi Media Quenching  
(Air Sumur, Oli SAE 140, Air Es <10°C) terhadap Nilai Impak pada  
Velg OEM (Al-Si)**

Fakhrul Arifin, Masyrukan

Teknik Mesin Universitas Muhammadiyah Surakarta

Jl. A. Yani Tromol POS 1 Pabelan Surakarta

Email: [arifinfakhrul54@gmail.com](mailto:arifinfakhrul54@gmail.com)

**ABSTRACT**

*Heat treatment on aluminum alloys aims to improve its mechanical properties. One of the heat treatments that can be done is artificial aging. This research was conducted to determine the effect of artificial aging on the impact test results on aluminum alloy (Al-Si) re-melting of four-wheeled OEM wheels. This research uses aluminum from OEM wheels for four-wheeled vehicles which are remanufactured using the method sand casting. The artificial aging process is carried out with the initial step of solution heat treatment, namely the test specimen is heated to a temperature of 500°C and held for 5 minutes. After that, the process was carried out quenching with a variety of media quenching for well water, SAE 140 oil, and ice water <10°C. Then the test specimens were heated again to a temperature of 180°C and held for 4 hours. After the holding time is met, then the test specimen is cooled slowly while remaining in the oven. In chemical composition testing, it is known that the main elements of OEM wheels are Al (93.59%) and Si (6.09%). In the impact test using the method Charpy, the impact price raw material of wheels after the process re-melting has decreased, from the impact price of 0.215 J / mm<sup>2</sup> to 0.051 J / mm<sup>2</sup>. After the process, artificial aging the highest impact price increase occurred in materials with media. The quenching SAE 140 oil increase was 98,24% from the impact price of 0.051 J / mm<sup>2</sup> to 0.1011 J / mm<sup>2</sup>. The impact price after the process artificial aging cannot exceed the impact price of the raw wheel material. This is because the heat treatment carried out in this study has not been able to match the heat treatment that has been carried out by the wheel manufacturer.*

**Keywords:** Heat Treatment, Artificial Aging, Aluminum, Aluminum Alloy, Impact.

## KATA PENGANTAR

***Assalamu'alaikum wa Rahmatullahi wa Barakatuh***

***Alhamdulillah rabbil'alamin***, segala puji syukur bagi Allah SWT atas limpahan rahmat dan karunia-Nya sehingga kami dapat menyelesaikan penulisan laporan tugas akhir yang berjudul ***“Analisis Pengaruh Artificial Aging dengan Variasi Media Quenching (Air Sumur, Oli SAE 140, Air Es <10°C) terhadap Nilai Impak pada Velg OEM (Al-Si)”***

Kami menyadari bahwa laporan tugas akhir ini tidak dapat terselesaikan tanpa adanya bantuan, dukungan dan saran dari berbagai pihak. Oleh karena itu, kami ingin mengucapkan terima kasih kepada:

1. Allah SWT atas segala limpahan rahmat dan karunia-Nya.
2. Bapak dan Ibu tercinta atas segala doa dan dukungan yang telah diberikan.
3. Bapak Ir. Sri Sunarjono, M.T., Ph.D selaku Dekan Fakultas Teknik Universitas Muhammadiyah Surakarta.
4. Bapak Ir. Masyrukan, M.T. selaku Dosen Pembimbing tugas akhir yang telah memberikan bimbingan dan pengarahan dalam proses penelitian dan penyusunan laporan tugas akhir.
5. Bapak Ir. Bibit Sugito, M.T. selaku Dosen Pembimbing Akademik yang telah memberikan bimbingan dan pengarahan selama masa perkuliahan.
6. Seluruh Dosen Jurusan Teknik Mesin Fakultas Teknik Universitas Muhammadiyah Surakarta yang telah memberikan bekal ilmu pengetahuan selama masa perkuliahan.

7. Rekan seperjuangan dalam menyelesaikan tugas akhir ini Aziz, Dani, Difan, Gilang, Hanan, Irvan, Jepry, Satrio, dan Styawan.
8. Teman-teman Teknik Mesin UMS yang telah membantu dalam proses penelitian.
9. Lisa Febriani yang selalu memberi semangat serta dukungan selama pengerjaan laporan tugas akhir.
10. Semua pihak yang secara langsung maupun tidak langsung turut membantu dalam menyelesaikan laporan tugas akhir ini.

Kami Menyadari bahwa tugas akhir ini mungkin masih memiliki beberapa kekurangan. Oleh karena itu, kami mengharapkan adanya kritik dan saran yang membangun demi perbaikan tugas akhir ini. Akhir kata kami berharap semoga tugas akhir ini dapat bermanfaat bagi penulis dan pembaca.

***Wassalamu'alaikum wa Rahmatullahi wa Barakatuh***

Surakarta, 17 Desember 2020



Fakhrul Arifin

## DAFTAR ISI

HALAMAN JUDUL .....	i
PERNYATAAN KEASLIAN SKRIPSI .....	ii
HALAMAN PERSETUJUAN .....	iii
HALAMAN PENGESAHAN.....	iv
LEMBAR SOAL TUGAS AKHIR .....	v
MOTTO DAN PESAN .....	vi
HALAMAN PERSEMBAHAN .....	vii
ABSTRAK .....	viii
KATA PENGANTAR .....	x
DAFTAR ISI .....	xii
DAFTAR GAMBAR .....	xiv
DAFTAR TABEL .....	xvii
DAFTAR LAMPIRAN .....	xviii
BAB I      PENDAHULUAN	
1.1 Latar Belakang .....	1
1.2 Rumusan Masalah.....	3
1.3 Tujuan Penelitian.....	3
1.4 Batasan Masalah .....	3
1.5 Manfaat Penelitian .....	4
1.6 Sistematika Penulisan .....	5
BAB II      LANDASAN TEORI	
2.1 Tinjauan Pustaka.....	6
2.2 Dasar Teori.....	8
2.2.1 Pengecoran Logam .....	8
2.2.2 Aluminium.....	13
2.2.3 Aluminium dan Paduan .....	18
2.2.4 <i>Heat Treatable</i> dan <i>Non-Heat Treatable Alloys</i> .....	30

2.2.5 <i>Heat Treatment</i> .....	33
2.2.6 Pengujian Impak.....	43
BAB III METODOLOGI PENELITIAN	
3.1 Diagram Alir Penelitian .....	50
3.2 Tempat Penelitian.....	52
3.3 Alat dan Bahan .....	52
3.3.1 Alat .....	52
3.3.2 Bahan .....	60
3.3.3 Proses Pengecoran .....	64
3.3.4 Proses <i>Artificial Aging</i> .....	64
3.3.5 Pengujian Komposisi Kimia .....	65
3.3.6 Pengujian Impak.....	66
3.3.7 Pengujian Struktur Mikro .....	66
BAB IV ANALISIS DATA DAN PEMBAHASAN	
4.1 Data Hasil Pengujian Komposisi Kimia.....	67
4.2 Data Penurunan Temperatur Pada Media <i>Quenching</i> .....	69
4.2.1 Pembahasan Penurunan Temperatur .....	70
4.3 Data Hasil Pengujian Impak .....	71
4.3.1 Pembahasan Hasil Pengujian Impak.....	72
4.4 Data Hasil Pengujian Struktur Mikro .....	75
4.4.1 Pembahasan Hasil Pengujian Struktur Mikro .....	80
BAB V KESIMPULAN DAN SARAN	
5.1 Kesimpulan .....	81
5.2 Saran .....	82
DAFTAR PUSTAKA	
LAMPIRAN	

## DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1 Gambaran <i>Centrifugal Casting</i> .....	10
Gambar 2.2. Diagram Fasa Al-Cu.....	23
Gambar 2.3. Diagram Fasa Al-Mn. ....	24
Gambar 2.4. Diagram Fasa Al-Si.....	25
Gambar 2.5. Diagram Fasa Al-Mg. ....	26
Gambar 2.6. Diagram Fasa Al-Mg <sub>2</sub> -Si.....	27
Gambar 2.7. Diagram Fasa Al-Mg-Zn <sub>2</sub> .....	28
Gambar 2.8 Pemilihan Perlakuan Panas Berdasarkan Temper Aluminium Paduan.....	35
Gambar 2.9. Proses <i>Artificial Aging</i> . ....	39
Gambar 2.10 Tahapan Perubahan Fasa pada Proses <i>Artificial Aging</i> . ....	39
Gambar 2.11 Spesimen Impak Metode <i>Charpy</i> .....	43
Gambar 2.12 Spesimen Impak Metode <i>Izod</i> .....	44
Gambar 2.13 Gambaran Uji Impak. ....	45
Gambar 2.14 Pengujian Impak Metode <i>Charpy</i> . ....	46
Gambar 2.15 Dimensi Spesimen Uji Impak Standar ASTM E23.....	47
Gambar 2.16 Patahan Getas dan Ulet.....	49
Gambar 3.1 Diagram Alir Penelitian.....	50
Gambar 3.2 Gambaran Proses Penelitian. ....	51
Gambar 3.3 Alat Pemotong <i>Stereo Foam</i> . ....	52
Gambar 3.4 Cetakan.....	52
Gambar 3.5 Tungku. ....	53
Gambar 3.6 Kowi. ....	53
Gambar 3.7 Kompor. ....	54
Gambar 3.8 Gerinda Potong.....	54
Gambar 3.9 Jangka Sorong.....	55

Gambar 3.10 Kertas Amplas.....	55
Gambar 3.11 Mesin Polish.....	55
Gambar 3.12 <i>Metallurgical Microscope</i> .....	56
Gambar 3.13 <i>Spectrometer thermo ARL 3560 OES</i> . ....	56
Gambar 3.14 Penjepit Spesimen. ....	57
Gambar 3.15 Alat Uji Impak. ....	57
Gambar 3.16 Oven. ....	58
Gambar 3.17 Wadah.....	58
Gambar 3.18 Gelas Ukur. ....	59
Gambar 3.19 <i>Infrared Thermometer</i> . ....	59
Gambar 3.20 Velg OEM (Al-Si). ....	60
Gambar 3.21 Pola dari <i>Stereo Foam</i> . ....	60
Gambar 3.22 Pasir CO <sub>2</sub> . ....	61
Gambar 3.23 Gas Tabung. ....	61
Gambar 3.24 Autosol dan Kain. ....	61
Gambar 3.25 Larutan Etsa.....	62
Gambar 3.26 Air Sumur. ....	62
Gambar 3.27 Oli SAE 140. ....	63
Gambar 3.28 Air Es < 10°C. ....	63
Gambar 3.29 Diagram Proses <i>Artificial Aging</i> .....	64
Gambar 4.1 Diagram Fasa Al-Si.....	68
Gambar 4.2 Grafik Pendinginan.....	70
Gambar 4.3 Diagram Hasil Pengujian Impak. ....	71
Gambar 4.4 Patahan Impak.....	74
Gambar 4.5 Porositas. ....	74
Gambar 4.6 Foto Struktur Mikro Selama Proses Penelitian.....	75
Gambar 4.7 Struktur Mikro <i>Raw Material</i> Velg Pembesaran 200x.....	76
Gambar 4.8 Struktur Mikro Material <i>Re-melting</i> Pembesaran 200x.....	76
Gambar 4.9 Struktur Mikro Setelah Proses <i>Quenching</i> dengan Media Air Sumur Pembesaran 200x. ....	77

Gambar 4.10 Struktur Mikro Setelah Proses <i>Quenching</i> dengan Media Oli SAE 140 Pembesaran 200x. ....	77
Gambar 4.11 Struktur Mikro Setelah Proses <i>Quenching</i> dengan Media Air Es <10°C Pembesaran 200x. ....	78
Gambar 4.12 Struktur Mikro Setelah Proses <i>Artificial Aging</i> dengan Media <i>Quenching</i> Air Sumur Pembesaran 200x. ....	78
Gambar 4.13 Struktur Mikro Setelah Proses <i>Artificial Aging</i> dengan Media <i>Quenching</i> Oli SAE 140 Pembesaran 200x. ....	79
Gambar 4.14 Struktur Mikro Setelah Proses <i>Artificial Aging</i> dengan Media <i>Quenching</i> Air Es <10°C Pembesaran 200x. ....	79



## DAFTAR TABEL

Tabel 2.1 <i>Melting Point</i> Berbagai Logam. ....	9
Tabel 2.2 Penyusutan Normal dari Berbagai Jenis Logam. ....	11
Tabel 2.3 Sifat Fisik Aluminium. ....	22
Tabel 2.4 Sifat Mekanis Aluminium. ....	22
Tabel 2.5 Sifat Mekanis Paduan Al-Cu-Mg. ....	24
Tabel 2.6 Sifat Mekanis Paduan Al-Mg. ....	26
Tabel 2.7 Sifat Mekanis Paduan Al-Mg <sub>2</sub> -Si. ....	27
Tabel 2.8 Sifat Mekanis Paduan 7075. ....	29
Tabel 2.9 Sifat Paduan Aluminium pada Temperatur Kamar. ....	29
Tabel 2.10 Tujuh Seri Paduan. ....	30
Tabel 4.1 Hasil Uji Komposisi Kimia. ....	67
Tabel 4.2 Data Penurunan Temperatur Pada Media <i>Quenching</i> . ....	69
Tabel 4.3 Data Hasil Pengujian Impak. ....	71

## DAFTAR LAMPIRAN

- Lampiran 1. Data Hasil Pengujian Komposisi Kimia.
- Lampiran 2. Data Hasil Pengujian Impak *Raw Material*.
- Lampiran 3. Data Hasil Pengujian Impak *Quenching Only* dan *Artificial Aging*.
- Lampiran 4. Gambaran *Centrifugal Casting*.
- Lampiran 5. Tabel Penyusutan Normal Berbagai Jenis Logam.
- Lampiran 6. Tabel Sifat Fisik dan Mekanik Aluminium.
- Lampiran 7. Diagram Fasa Al-Cu.
- Lampiran 8. Tabel Sifat Mekanis Paduan Al-Cu-Mg.
- Lampiran 9. Diagram Fasa Al-Si.
- Lampiran 10. Diagram Fasa Al-Mg.
- Lampiran 11. Tabel Sifat Mekanis Paduan Al-Mg.
- Lampiran 12. Tabel Sifat Mekanis Paduan Al-Mg<sub>2</sub>-Si.
- Lampiran 13. Diagram Fasa Al-Zn dan Tabel Sifat Mekanis Paduan 7075.
- Lampiran 14. Tabel Sifat Paduan Aluminium pada Temperatur Kamar.
- Lampiran 15. Pemilihan Perlakuan Panas Berdasarkan Temper Aluminium Paduan.